

SEMICONDUCTOR LASER

Publication number: JP2001168458

Publication date: 2001-06-22

Inventor: FUKUNAGA TOSHIAKI

Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD

Classification:

- international: **H01S5/16**; **H01S5/22**; **H01S5/20**; **H01S5/223**;
H01S5/343; **H01S5/00**; (IPC1-7): **H01S5/16**

- European: **H01S5/16D**; **Y01N10/00**

Application number: JP19990348527 19991208

Priority number(s): JP19990348527 19991208

Also published as:

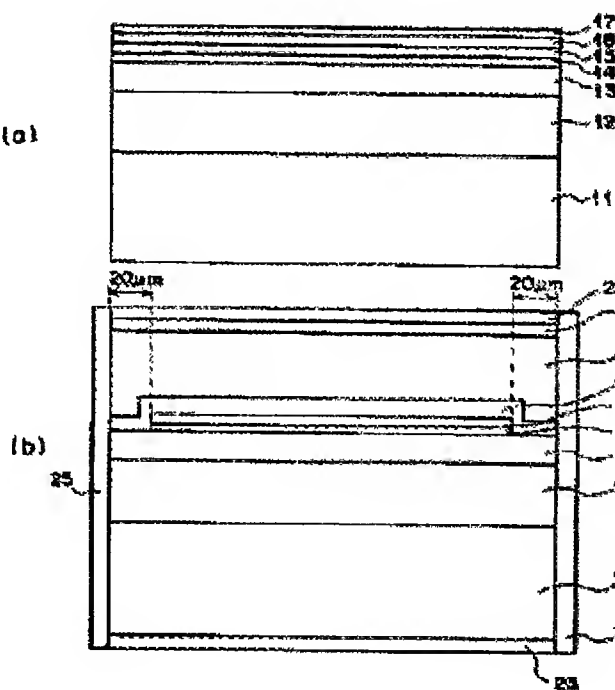
 US2001017871 (A)

Report a data error he

Abstract of JP2001168458

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve reliability of a semiconductor laser by preventing heating on the end surface at high output drive.

SOLUTION: An n-Alz1Ga1-Z1As lower-part clad layer 12, n or i-In0.49Ga0.51P lower-part optical waveguide layer 13, Inx3Ga1-x3As1-y3Py3 quantum well active layer 14, p or i-In0.49Ga0.51P upper-part first optical waveguide layer 15, GaAs cap layer 16, and SiO2 film 17 are laminated on an n-GaAs substrate 11. The SiO2 film 17 of a width about 20 μ m is removed inwardly from a beveled surface. With the SiO2 film 17 as a mask, the p or i-In0.49Ga0.51P upper-part first optical waveguide layer and GaAs cap layer near the end surface are removed. Then the SiO2 film 17 is removed, and the Inx3Ga1-x3As1-y3Py3 quantum well active layer 14 near the end surface and a remaining GaAs cap layer 16 are removed. A p or i-In0.49Ga0.51P upper-part second optical waveguide layer 18, a p-Alz1Ga1-Z1As upper-part clad layer 19, and a p-GaAs contact layer 20 are grown on it.



Data supplied from the [esp@cenet](http://www.esp@cenet.com) database - Worldwide

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
Fukunaga(10) **Pub. No.: US 2001/0017871 A1**(43) **Pub. Date: Aug. 30, 2001**(54) **HIGH-POWER SEMICONDUCTOR LASER
DEVICE IN WHICH NEAR-EDGE PORTIONS
OF ACTIVE LAYER ARE REMOVED****Publication Classification**(51) **Int. Cl.⁷ H01S 5/00**(52) **U.S. Cl. 372/43**(57) **ABSTRACT**(76) **Inventor: Toshiaki Fukunaga, Kaisei-machi (JP)****Correspondence Address:****SUGHRUE, MION, ZINN, MACPEAK &
SEAS, PLLC****2100 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, DC 20037-3202 (US)**

In a semiconductor laser device, a GaAs substrate of a first conductive type, a lower cladding layer of the first conductive type, a lower optical waveguide layer made of InGaP of an undoped type or the first conductive type, an active layer made of InGaAsP or InGaAs, a first upper optical waveguide layer made of InGaP of an undoped type or a second conductive type, a second upper optical waveguide layer made of InGaP of an undoped type or the second conductive type, an upper cladding layer of the second conductive type, and a contact layer of the second conductive type are formed in this order to form a layered structure. Near-edge portions of the active layer and the first upper optical waveguide layer, which are adjacent to opposite end faces of the layered structure, are removed, and the second upper optical waveguide layer is formed over the first upper optical waveguide layer and near-edge areas of the lower optical waveguide layer, where the opposite end faces are perpendicular to the direction of laser light which oscillates in the semiconductor laser device.

(21) **Appl. No.: 09/731,702**(22) **Filed: Dec. 8, 2000**(30) **Foreign Application Priority Data****Dec. 8, 1999 (JP) 348527/1999**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-168458

(P2001-168458A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 S 5/16
5/22H 0 1 S 5/16
5/22

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-348527

(22) 出願日

平成11年12月8日 (1999.12.8)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 福永 敏明

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

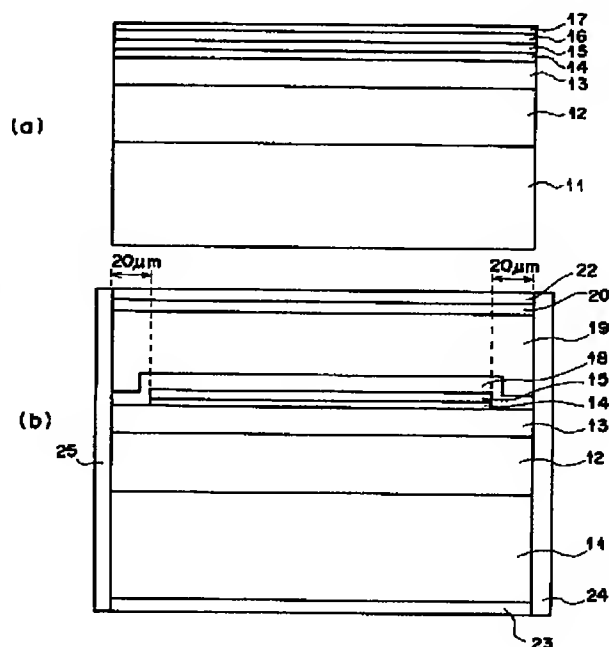
Fターム(参考) 5F073 AA13 AA83 AA88 CA13 CB02
DA33 EA28

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザ装置において、高出力駆動時の端面における発熱を防止し、信頼性を向上させる。

【解決手段】 n-GaAs基板11上に、n-Al_{0.21}Ga_{0.79}As下部クラッド層12、nあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P下部光導波層13、In_{0.3}Ga_{0.7}As_{0.3}P_{0.7}量子井戸活性層14、pあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第一光導波層15、GaAsキャップ層16、SiO₂膜17を積層する。劈開面から内側に20μm程度の幅のSiO₂膜17を除去する。このSiO₂膜17をマスクとして、端面近傍のGaAsキャップ層およびpあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第一光導波層を除去する。次に、SiO₂膜17を除去し、端面近傍のIn_{0.3}Ga_{0.7}As_{0.3}P_{0.7}量子井戸活性層14が残ったGaAsキャップ層16を除去する。その上に、pあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第二光導波層18、p-Al_{0.21}Ga_{0.79}As上部クラッド層19、p-GaAsコンタクト層20を成長する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第一導電型 GaAs 基板上に、少なくとも、

第一導電型下部クラッド層、

第一導電型あるいはアンドープの InGaP 下部光導波層、

InGaAsP または InGaAs からなる活性層、

第二導電型あるいはアンドープの InGaP 上部第一光導波層、

第二導電型あるいはアンドープの InGaP 上部第二光導波層、

第二導電型上部クラッド層および第二導電型コンタクト層がこの順に積層された半導体層からなる半導体レーザ装置において、

前記活性層および前記 InGaP 上部第一光導波層が、該半導体層が劈開されてなる端面のうち、レーザ光が射出される 2 つの平行な端面に隣接する部分を除去されており、

該端面に隣接する部分が除去された InGaP 上部第一光導波層の上に、該除去された部分を覆うように、前記 InGaP 上部第二光導波層が形成されていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 前記活性層の上部に、前記半導体層の一部が前記 InGaP 上部第二光導波層の上面まで除去されてできたリッジ部を備えており、該リッジ部の底辺の長さが $1.5 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 3】 前記 InGaP 上部第二光導波層の上に、電流注入窓となる部分がライン状に除去された第一導電型 InGaAlP 層が形成されており、該第一導電型 InGaAlP 層の上に、前記ライン状に除去された部分を埋めるように前記第二導電型上部クラッド層が形成されており、該除去された部分の短辺方向の底辺の長さが $1.5 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 4】 前記活性層が、組成比が $0 \leq x_1 \leq 0.3$ および $0 \leq y_1 \leq 0.5$ である $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ からなり、該活性層の歪量と膜厚の積が -0.15 nm 以上 $+0.15 \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項 1、2 または 3 記載の半導体レーザ装置。

【請求項 5】 前記活性層が歪量子井戸構造であり、該活性層に該活性層の歪と逆の歪を有する InGaP 障壁層が隣接しており、該活性層の歪量と膜厚の積と該障壁層の歪量と膜厚の積の和が -0.15 nm 以上 $+0.15 \text{ nm}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 から 4 いずれか 1 項記載の半導体レーザ装置。

【請求項 6】 前記各クラッド層が、いずれも、組成比が $0.55 \leq z_1 \leq 0.8$ である $\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1}\text{As}$ 、あるいは組成比が $x_3 = 0.49y_3 \pm 0.01$ 、 $0 < y_3 \leq 1$ および $0 < z_3 \leq 1$ で

ある $\text{In}_{x_3}(\text{Al}_{z_3}\text{Ga}_{1-z_3})_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ からなることを特徴とする請求項 1 から 5 いずれか 1 項記載の半導体レーザ装置。

【請求項 7】 前記各光導波層が、組成比が $x_2 = 0.49 \pm 0.01$ である $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ であることを特徴とする請求項 1 から 6 いずれか 1 項記載の半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体レーザ装置、特に発振波長が $0.7 \mu\text{m}$ から $1.2 \mu\text{m}$ の半導体レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より、発振波長が $0.7 \mu\text{m}$ から $1.2 \mu\text{m}$ の半導体レーザ装置において、基本横モードを得るために、結晶層の内部に電流狭窄層と屈折率導波機構を設けることが広くなされている。

【0003】 例えば、1998 年発行の Applied Physics Letters, Vol. 72, No. 1, pp. 4-6 において、J. Kwade 氏らによる 6.1 W continuous wave front-facet power from Al-free active-region ($\lambda = 805 \text{ nm}$) diode laser が報告されている。ここでは活性領域に Al を含まない、InGaAsP を活性層とし、InGaP を光導波層とし、クラッド層を InAlGaP とした構造を採用した 805 nm 帯の半導体レーザが報告されている。本文献においては、高出力特性を改善するために、活性層の光密度を低減する構造として、光導波層の厚さを大きくした、LOC (Large Optical Cavity) 構造が考案されており、最高光出力の増大が報告されている。ただし、最高光出力は端面での光吸収により流れる電流によって生じる発熱によって、端面温度が上昇し、さらに端面でのバンドギャップが小さくなり、さらに光吸収が多くなるという循環により端面が破壊されるという COMD (Catastrophic optical mirror damage) 現象が生じる。この COMD に達する光出力は経時で劣化し、また、この COMD により半導体レーザの駆動が突然停止する可能性が高くなり、高出力駆動時で高信頼性が得られないという欠点がある。

【0004】 一方、発振波長が $0.8 \mu\text{m}$ 帯で活性層が Al フリーとなる半導体レーザとして、1995 年発行の Jap. J. Appl. Phys. Vol. 34, pp. L1175-L1177 において、本出願人らによる Highly Reliable Operation of High-Power InGaAsP/InGaP/AlGaAs $0.8 \mu\text{m}$ Separate Confinement Heterostructure Lasers が報告されている。この半導体レーザでは、 $n\text{-GaAs}$ 基板上に、 $n\text{-AlGaAs}$ クラッド層、 $i\text{-InGaP}$ 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、 $i\text{-InGaP}$ 光導波層、 $p\text{-AlGaAs}$ クラッド層および $p\text{-GaAs}$ キャップ層が積層された構造が紹介されているが、最高光出力は 1.8 W と低いという問題があった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、発振波長が $0.8\mu\text{m}$ 帯の半導体レーザ装置において、高出力駆動時の端面破壊等により信頼性が低いという問題があった。

【0006】本発明は上記事情に鑑みて、発振波長が $0.7\mu\text{m}\sim 1.2\mu\text{m}$ の半導体レーザ装置において、高出力下でも信頼性の高い半導体レーザ装置を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザ装置は、第一導電型GaAs基板上に、少なくとも、第一導電型下部クラッド層、第一導電型あるいはアンドープのInGaP下部光導波層、InGaAsPまたはInGaAsからなる活性層、第二導電型あるいはアンドープのInGaP上部第一光導波層、第二導電型あるいはアンドープのInGaP上部第二光導波層、第二導電型上部クラッド層および第二導電型コンタクト層がこの順に積層された半導体層からなる半導体レーザ装置において、前記活性層および前記InGaP上部第一光導波層が、該半導体層が劈開されてなる端面のうち、レーザ光が出射される2つの平行な端面に隣接する部分を除去されており、該端面に隣接する部分が除去されたInGaP上部第一光導波層の上に、該除去された部分を覆うように、前記InGaP上部第二光導波層が形成されていることを特徴とするものである。

【0008】前記活性層の上部に、前記半導体層の一部が前記InGaP上部第二光導波層の上面まで除去されてきたリッジ部を備えていてもよく、その場合該リッジ部の底辺の長さが $1.5\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。

【0009】また、前記InGaP上部第二光導波層の上に、電流注入窓となる部分がライン状に除去された第一導電型InGaAlP層が形成されており、該第一導電型InGaAlP層の上に、前記ライン状に除去された部分を埋めるように前記第二導電型上部クラッド層が形成されていてもよく、該除去された部分の短辺方向の底辺の長さは $1.5\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。

【0010】また、前記活性層は、組成比が $0\leq x_1\leq 0.3$ および $0\leq y_1\leq 0.5$ である $\text{In}_{n_1}\text{Ga}_{1-n_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ からなっているとしてもよく、その場合、該活性層の歪量と膜厚の積が -0.15nm 以上 $+0.15\text{nm}$ 以下であることが望ましい。

【0011】ここで、活性層の歪量は、GaAs基板の格子定数を c_s 、成長層の格子定数を c とすると、 $(c-c_s)/c_s$ で定義される。

【0012】また、前記活性層が歪量子井戸構造であり、該活性層に該活性層の歪と逆の歪を有するInGaP障壁層が隣接していてもよく、該活性層の歪量と膜厚の積と該障壁層の歪量と膜厚の積の和は -0.15nm 以上 $+0.15\text{nm}$ 以下であることが望ましい。

【0013】前記各クラッド層は、いずれも、組成比が $0.55\leq z_1\leq 0.8$ である $\text{Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1}\text{As}$ 、あるいは組成比が $x_3=0.49y_3\pm 0.01$ 、 $0<y_3\leq 1$ および $0<z_3\leq 1$ である $\text{In}_{x_3}(\text{Al}_{z_3}\text{Ga}_{1-z_3})_{1-z_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ からなっているとしてもよい。

【0014】また、前記各光導波層は、組成比が $x_2=0.49\pm 0.01$ である $\text{In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ であることが望ましい。

【0015】

【発明の効果】本発明の半導体レーザ装置によれば、出射されるレーザ光に垂直な2つの平行な端面近傍の活性層および上部第一光導波層が除去されており、その上に、該活性層の結晶よりバンドギャップの大きい上部第二光導波層を形成する構造を採っているため、端面近傍に発振光に対して透明な領域を形成することができるので、端面での光吸収により生じる電流を阻止することができる。これにより、その電流による高出力動作時の端面での発熱を低減でき、端面での発熱によって端面のバンドギャップが小さくなり、さらに光吸収が多くなって起こる端面破壊を抑制することができる。従って、端面破壊する時の光出力レベルを大幅に向上することができ、高出力動作時であっても信頼性の高い半導体レーザ装置を提供することができる。

【0016】また、上記のように、出射されるレーザ光に対して非吸収となる構造を、リッジ型あるいは内部ストライプ型の屈折率導波機構を有する半導体レーザ装置であって、発振領域幅が $1.5\mu\text{m}$ 以上の基本横モード発振する半導体レーザの端面に形成することにより、同様に高出力下であっても高い信頼性を得ることができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0018】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ素子について説明し、その半導体レーザ素子のレーザ光に平行な積層方向の断面図を図1aに示し、その半導体レーザ素子の断面図を図1bに示す。

【0019】図1aに示すように、有機金属気相成長法により、 $n\text{-GaAs}$ 基板11上に、 $n\text{-Al}_{z_1}\text{Ga}_{1-z_1}\text{As}$ 下部クラッド層 $(0.55\leq z_1\leq 0.8)$ 12、 n あるいは $i\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部光導波層13、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層14 $(0\leq x_3\leq 0.4, 0\leq y_3\leq 0.5)$ 、 p あるいは $i\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第一光導波層15、GaAsキャップ層16(厚さ 10nm 程度)を積層する。続いて、 SiO_2 膜17を積層する。

【0020】次に図1bに示すように、レーザの劈開端面を含む領域の SiO_2 膜17を幅 $40\mu\text{m}$ 程度で除去する。つまり、素子単体では劈開面から $20\mu\text{m}$ 程度の SiO_2 膜17を除去することになる。この SiO_2 膜17をマスクとして、硫酸系エッチャントでGaAsキャップ層

16を除去し、塩酸系のエッチャントで、pあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第一光導波層15を除去する。この後、 SiO_2 膜17を除去し、引き続き、硫酸系のエッチャントで端面近傍の $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.1-0.3}\text{As}_{0.7-0.3}\text{P}_{0.3}$ 量子井戸活性層14と残った GaAs キャップ層16を除去する。

【0021】次に、pあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第一光導波層15の上に、pあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第二光導波層18、p- $\text{Al}_{0.21}\text{Ga}_{0.1-0.21}\text{As}$ 上部クラッド層19 ($0.55 \leq z1 \leq 0.8$)、p- GaAs コンタクト層20を成長する。その後、p側電極22を形成し、基板の研磨を行いn側電極23を形成する。その後、この試料を劈開して形成した共振器に高反射率コート24、低反射率コート25を行い、チップ化して半導体レーザ素子を完成させる。

【0022】本実施の形態による半導体レーザ装置は、高反射率コートされた端面と低反射率コートされた端面により光が共振させられ、低反射率コートされた端面からレーザ光を出射する。出射端面近傍の活性層14が除去されているので、端面での光吸収による発熱を抑制でき、COMDを抑制することができる。

【0023】活性層は圧縮歪、あるいは基板に格子整合するか、あるいは引張り歪のいずれの組成であってもよい。

【0024】活性層が歪量子井戸から構成される場合、活性層に隣接して、活性層と逆の歪を有する InGaP 障壁層を配置し、活性層の歪を補償してもよく、その場合、活性層の歪量と膜厚の積と障壁層の歪量と膜厚の積の和を -0.15nm 以上 $+0.15\text{nm}$ 以下とすることが望ましい。

【0025】本実施の形態では単純な全面電極の場合について記載しているが、本発明は、上記の構成に絶縁膜ストライプが形成された利得導波ストライプレーザ、あるいは、上記の構成に通常のリソグラフィやドライエッチングによる加工を行ってできた屈折率導波機構付き半導体レーザ、回折格子付きの半導体レーザ素子あるいは集積回路にも用いることができる。

【0026】また、本実施の形態においては、 GaAs 基板にn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いてもよく、その場合、上記全ての層の導電性を逆にして積層すればよい。

【0027】上記活性層は $\text{InGaP}/\text{InGaAsP}$ 多重量子井戸であってもよいが、引張り歪量と厚さの積の合計の絶対値は 0.15nm 以内とすることが望ましい。この組成による多重量子井戸の場合は、硫酸系と塩酸系のエッチャントを交互に使い分け、下部光導波層を露出させてから、埋め込み成長を行うことが望ましい。

【0028】次に、本発明の第2の実施の形態による半導体レーザ素子について説明し、その半導体レーザ素子のレーザ光に平行な積層方向の断面図を図2aに示し、

この半導体レーザ素子の端面近傍(B-B')の断面図を図2bに示し、素子内部(A-A')の断面図を図2cに示す。

【0029】図2aに示すように、有機金属気相成長法により、n- GaAs 基板31上に、n- $\text{Al}_{0.21}\text{Ga}_{0.1-0.21}\text{As}$ 下部クラッド層32 ($0.55 \leq z1 \leq 0.8$)、nあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部光導波層33、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.1-0.3}\text{As}_{0.7-0.3}\text{P}_{0.3}$ 量子井戸活性層34 ($0 \leq x3 \leq 0.3$, $0 \leq y3 \leq 0.5$)、pあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第一光導波層35、 GaAs キャップ層36 (厚さ 10nm 程度、図示せず)を積層する。その上に SiO_2 膜37 (図示せず)を積層し、レーザの劈開端面を含む領域の SiO_2 膜37を幅 $40\mu\text{m}$ で除去する。つまり、単体では劈開面から素子内部へ幅 $20\mu\text{m}$ 程度の SiO_2 膜37を除去することになる。この SiO_2 膜37をマスクとして、硫酸系エッチャントで GaAs キャップ層36を除去し、塩酸系のエッチャントで、pあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第一光導波層35を除去する。この後、 SiO_2 膜37を除去し、引き続き、硫酸系のエッチャントで端面近傍の $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.1-0.3}\text{As}_{0.7-0.3}\text{P}_{0.3}$ 量子井戸活性層34と残った GaAs キャップ層36を除去する。

【0030】次に、pあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第一光導波層35の上に、p- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第二光導波層38、p- $\text{Al}_{0.21}\text{Ga}_{0.1-0.21}\text{As}$ 上部クラッド層39、p- GaAs コンタクト層40を成長する。絶縁膜41 (図示せず)を形成する。その後、図2bに示すように、通常のリソグラフィにより、ストライプとなる幅 $3\mu\text{m}$ 程度の絶縁膜41を残すように、これに連続する平行な幅 $6\mu\text{m}$ 程度のストライプの絶縁膜41を除去し、この残った絶縁膜41をマスクとして、ウェットエッチングにより、p- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第二光導波層38の上部まで除去して、リッジストライプを形成する。エッチング液としては、硫酸と過酸化水素水系を用いる。これにより、自動的にエッチングをp- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第二光導波層38の上面で停止させることができる。

【0031】上部第一光導波層および上部第二光導波層の合計厚さは、共振器中央部のリッジ構造の幅の導波路で単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚さとする。

【0032】次に、絶縁膜42を形成し、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ上の絶縁膜42を除去し、p側電極44を形成し、その後、基板の研磨を行いn側電極45を形成する。この試料を劈開して形成した共振器に高反射率コート46、低反射率コート47を行い、チップ化して半導体レーザ素子を完成させる。

【0033】この半導体レーザ素子は、図2bに示すように、端面から離れた素子内部では、 $\text{In}_{0.3}\text{Ga}_{0.1-0.3}\text{As}_{0.7-0.3}\text{P}_{0.3}$ 量子井戸活性層34およびpあるいはi- $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第一光導波層35は存在しているが、

図2cに示すように、レーザ光の出射端面近傍においては、前記活性層と上部第二光導波層が除去されており、出射されるレーザ光に対して非吸収の端面となっている。これにより、端面での発熱が抑えられCOMDレベルを向上させることができる。よって、高出力下であっても高い信頼性が得られる。

【0034】本実施の形態では、基本横モード発振するレーザについて述べたが、本発明を、発振領域幅が1.5 μm 以上の半導体レーザ素子に適用することにより、マルチモードであっても低雑音な高出力を得ることができ

【0035】また、本実施の形態においては、GaAs基板にn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いてもよく、その場合、上記全ての層の導電性を逆にして積層すればよい。

【0036】次に、本発明の第3の実施の形態による半導体レーザ素子について説明し、その半導体レーザ素子のレーザ光に平行な積層方向の断面図を図3aに示し、この半導体レーザ素子の端面近傍(B-B')の断面図を図3bに示し、素子内部(A-A')の断面図を図3cに示す。

【0037】図3aに示すように、有機金属気相成長法により、n-GaAs基板51上に、n-In_{0.49}(Ga_{1-0.49}Al_{0.51})P下部クラッド層52(0.1 \leq z \leq 2.3)、nあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P下部光導波層53、In_{0.3}Ga_{1-0.3}As_{1-0.3}P_{0.3}量子井戸活性層54(0 \leq x \leq 0.3、0 \leq y \leq 0.5)、pあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第一光導波層55、GaAsキャップ層56(厚さ10nm程度、図示せず)を積層する。SiO₂膜57(図示せず)を積層し、レーザの劈開端面を含む領域のSiO₂膜57を幅40 μm 程度除去する。つまり、素子単体では劈開面から素子内部へ20 μm 程度の幅のSiO₂膜57を除去することになる。このSiO₂膜57をマスクとして、硫酸系エッチャントでGaAsキャップ層56を除去し、塩酸系のエッチャントで、pあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第一光導波層55を除去する。この後、SiO₂膜57を除去し、引き続き、硫酸系のエッチャントで端面近傍のIn_{0.3}Ga_{1-0.3}As_{1-0.3}P_{0.3}量子井戸活性層54と残ったGaAsキャップ層56(図示せず)を除去する。

【0038】次に図3bに示すように、p-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第二光導波層58、p-In_{0.49}Ga_{1-0.49}As_{1-0.49}P_{0.49}エッチング阻止層59(0 \leq x \leq 0.3、0 \leq y \leq 0.6)、n-In_{0.49}(Ga_{1-0.49}Al_{0.51})P電流狭窄層60(z \leq z \leq 1)、n-GaAsキャップ層61(図示せず)を成長する。この後、レジストを塗布し、通常のリソグラフィにより、レーザの劈開面に垂直方向に幅3 μm 程度の電流注入窓となる領域を除去する。このレジストマスクを用い、硫酸系エッチャントでGaAsキャップ層61を除去し、塩酸系のエッチャントでn-In

(Ga_{1-0.49}Al_{0.51})P電流狭窄層60を除去する。レジスト除去後、硫酸系のエッチャントでp-In_{0.49}Ga_{1-0.49}As_{1-0.49}P_{0.49}エッチング阻止層59とn-GaAsキャップ層61を除去する。

【0039】電流狭窄層の上に、p-In_{0.49}(Ga_{1-0.49}Al_{0.51})P上部クラッド層63、p-GaAsコンタクト層64を成長する。上部第一光導波層55および上部第二光導波層58の合計の厚さは、共振器中央部の溝中の導波路で単一基本モードによる屈折率導波が高出力まで達成できるような厚さとする。p側電極65を形成し、基板の研磨を行いn側電極66を形成する。その後、この試料を劈開して形成した共振器に高反射率コート67、低反射率コート68を行い、チップ化して半導体レーザ素子を完成させる。

【0040】図3bに示すように、本実施の形態による半導体レーザ素子は電流狭窄層を設けた内部ストライプ型の屈折率導波機構を備えており、素子内部は活性層54と上部第一光導波層55を有しているが、図3cに示すように、端面近傍では、前記活性層54と第一光導波層55が除去されており、出射されるレーザ光に対して非吸収な端面構造となっている。これにより、端面での発熱が抑えられCOMDレベルを向上させることができる。よって、高出力下であっても高い信頼性が得られる。

【0041】本実施の形態による構造を採用することにより、単一基本横モードを保ったまま、高いレベルの光出力のレーザ光を発生させる。

【0042】本実施の形態では、基本横モード発振するレーザについて述べたが、本発明を発振領域幅が1.5 μm 以上の半導体レーザ素子に適用することにより、マルチモードであっても低雑音な高出力を得ることができる。

【0043】また、本実施の形態においては、GaAs基板にn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いてもよく、その場合、上記全ての層の導電性を逆にして積層すればよい。

【0044】次に、本発明の第4の実施の形態による半導体レーザ素子について説明し、その半導体レーザ素子のレーザ光に平行な積層方向の断面図を図4aに示し、その半導体レーザ素子の断面図を図4bに示す。

【0045】本実施の形態による半導体レーザ素子の構成は、第1の実施の形態のn-GaAs基板11からp-Al_{0.1}Ga_{1-0.1}As上部クラッド層19まで同一であり、第1の実施の形態と異なる部分についてのみ説明する。第1の実施の形態と同様に、p-Al_{0.1}Ga_{1-0.1}As上部クラッド層19、p-GaAsコンタクト層20を形成した後、通常のリソグラフィにより端面近傍のコンタクト層20を除去する。その後、絶縁膜26を形成し、電極との接触を得るために電流注入窓となる部分の絶縁膜26を除去する。その上にp側電極22を形成し、基板の研磨を行い、n側電極23を形成し、半導体レーザ素子を完成させ

る。

【0046】また、上記すべての実施の形態による半導体レーザ素子の発振する波長帯λに関しては $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$ 圧縮歪量子井戸活性層 ($0 \leq x3 \leq 0.3$, $0 \leq y3 \leq 0.5$) より、 $700 < \lambda < 1200$ (nm) の範囲で制御が可能である。

【0047】また、上記各層の成長法としては、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法であってもよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ素子を示す断面図

【図2】本発明の第2の実施の形態による半導体レーザ素子を示す断面図

【図3】本発明の第3の実施の形態による半導体レーザ素子を示す断面図

【図4】本発明の第4の実施の形態による半導体レーザ素子を示す断面図

【符号の説明】

11, 31, 51 GaAs基板

12, 32 n-Ga_{1-x1}Al_{x1}As下部クラッド層

13, 33, 53 nあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P下部光導波層

*

* 14, 34, 54 $\text{In}_{x3}\text{Ga}_{1-x3}\text{As}_{1-y3}\text{P}_{y3}$ 圧縮歪量子井戸活性層

15, 35, 55 pあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第一光導波層

16, 36, 56 GaAsキャップ層

18, 38 pあるいはi-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第二光導波層

19, 39 n-Ga_{1-x1}Al_{x1}As上部クラッド層

20, 40, 64 p-GaAsコンタクト層

10 22, 44, 65 p側電極

23, 45, 66 n側電極

24, 46, 67 高反射率コート

25, 47, 68 低反射率コート

52 n-In_{0.49}(Ga_{1-x2}Al_{x2})_{0.51}P下部クラッド層

58 p-In_{0.49}Ga_{0.51}P上部第二光導波層

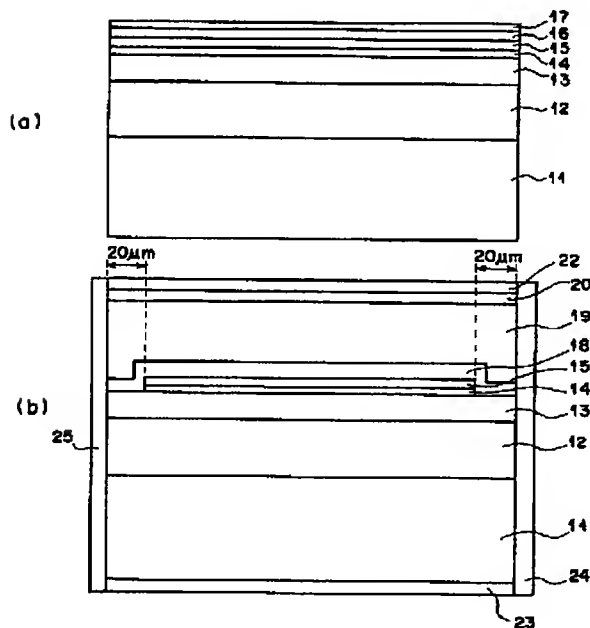
59 p-In_{x4}Ga_{1-x4}As_{1-y4}P_{y4}エッチング阻止層

60 n-In_{0.49}(Ga_{1-x3}Al_{x3})_{0.51}P電流狭窄層

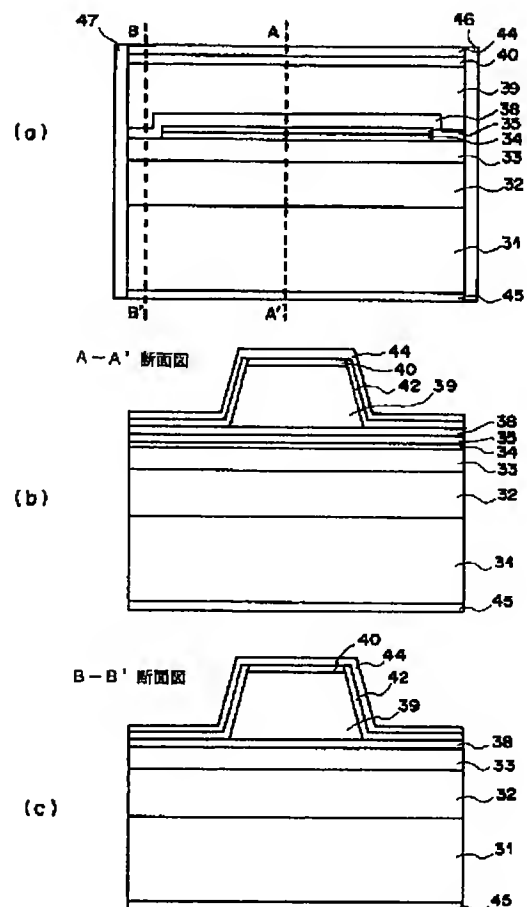
20

63 p-In_{0.49}(Ga_{1-x1}Al_{x1})_{0.51}P上部クラッド層

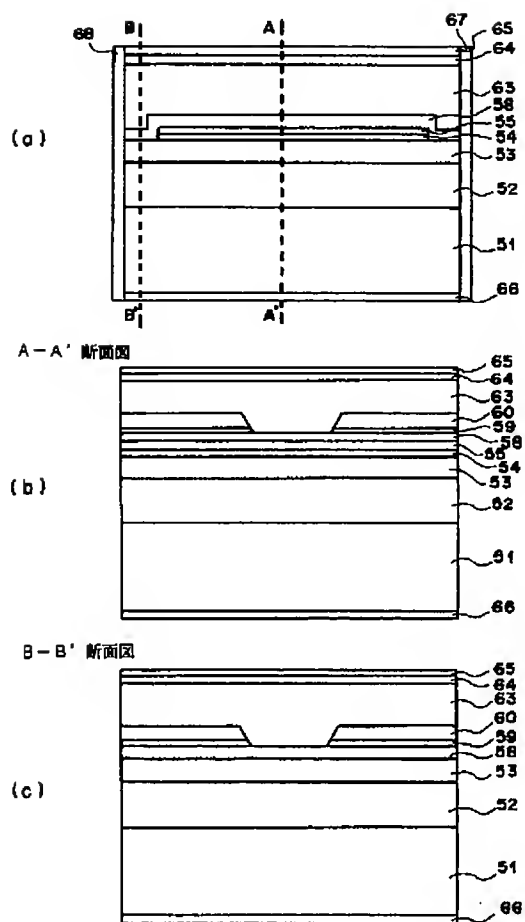
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

